

# **ВІДГУК**

офіційного опонента

Білик Олександр Григорович

на дисертаційну роботу Трембача Богдана Олександровича

**«Підвищення зносостійкості деталей машин переробки твердих корисних копалин шляхом наплавлення самозахисним порошковим дротом»,**

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 132 «Матеріалознавство»

## **1. Актуальність теми**

Одним з основних технологічних процесів, який застосовується для відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій у різних галузях народного господарства є наплавлення. Ефективність процесу наплавлення залежить від службових характеристик металу, який наноситься, продуктивності та технологічних можливостей. Для наплавлення деталей машин і конструкцій широко використовуються порошкові дрові електродні матеріали, які дозволяють наплавляти сплави для підвищення опірності абразивному, ударно- абразивному зносу, у корозійному середовищі.

Незважаючи на накопичений досвід використання зазначених наплавних матеріалів для наплавлення сталей різного ступеня легованості та структурного класу, питання оптимізації складів порошкових стрічок для забезпечення зварювально-технологічних властивостей та необхідного складу наплавленого шару, що відповідає умовам експлуатації, залишається актуальним. Становить науковий та практичний інтерес застосування екзотермічної суміші у складі порошкового осердя порошкового дроту.

Актуальність теми також підтверджується виконаним комплексом науково-дослідних робіт рамках держбюджетних тем Дк-04-2019 «Підвищення ефективності застосування екзотермічних сумішей при електродуговому зварюванні та електрошлакових процесах» номер державної реєстрації 0119U103451, та науково дослідної роботи НДР «Розробка та дослідження нового технологічного процесу виготовлення цільно кованих східчастих обичайок реакторних блоків АЕС» номер державної реєстрації 0120U101973.

## **2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.**

Наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані у дисертації, відповідають вимогам до такого виду досліджень. Високий рівень обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації, забезпеченні:

- професійним вирішенням здобувачем низки наукових завдань, що сприяло реалізації поставленої мети дослідження, логічної будови дослідження, розділи та підрозділи якої органічно пов'язані між собою та доповнюють наступні;
- високим рівнем володіння математичним апаратом та використанням сучасних планів експериментів;
- використанням достатньо великого списку джерел за темою дисертації;

В роботі застосовувались методи металографічного, рентгеноструктурного аналізу (XRD), енергодисперсійну рентгенівську спектроскопію (EDS Energy-dispersive X-ray spectroscopy), визначення механічних властивостей інструментальним індентуванням, що дають надійні і взаємоузгоджені дані про фазовий і хімічний склад, структуру та комплекс властивостей зміцнюючого шару.

Сформульовані положення і висновки по роботі не вступають в протиріччя з фундаментальними основами матеріалознавства, металознавства.

## **3. Достовірність результатів досліджень.**

Достовірність наукових положень, висока точність експериментальних результатів, рекомендацій та висновків дисертаційної роботи забезпечено використанням стандартизованого обладнання Донбаської державної машинобудівної академії (ДДМА), Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України.

Експериментальні дослідження проведені автором з використанням сучасних методик і устаткування. Слід відмітити факт розробки і апробації автором нових методик і устаткування. У зв'язку з цим достовірність основних положень і висновків, сформульованих в дисертації, не викликає сумнівів.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у підвищенні зносостійкості

деталей, які працюють в умовах абразивного та корозійного зношування, механізованим електродуговим наплавленням розробленим самозахисним порошковим дротом з підвищеним комплексом службових характеристик за рахунок добавки екзотермічної суміші до наповнювача. Отримані математичні формули для визначення показників плавлення, геометрії валику, ступеню змішування та коефіцієнтів засвоєння легуючих елементів.

*В якості нових наукових результатів можна визначити наступне:*

- вперше показано доцільність використання  $\text{CuO-Al}$ , в якості екзотермічної добавки до складу наповнювача СПД, в межах 33...39%, що дозволяє за рахунок утворенням екзотермічного ефекту забезпечити зниження хімічної неоднорідності наплавленого металу, покращення морфології неметалевих включень, зменшення розмір дендритів, а також забезпечує додаткове легування наплавленого металу міддю за рахунок відновлення її з оксиду.

- вперше встановлено і обґрунтовано склад самозахисного порошкового дроту СПД-110Х4Д5Т1ФРЮ та кількісний склад екзотермічної добавки  $\text{CuO-Al}$  і легуючих компонентів в осерді, при яких забезпечується рівномірність плавлення дроту та розподілу легуючих елементів в наплавленому металі, зменшення розмірів неметалевих включень і глибини проплавлення до 1,6 мм, при ступені змішування наплавленого і основного металу в першому шарі на рівні 14,5%, що призводить до підвищення зносостійкості наплавленого металу при дії закріпленого і незакріпленого абразиву.

- встановлено, що легування наплавленого металу міддю при використанні екзотермічної добавки  $\text{CuO-Al}$  в наповнювачі СПД позитивно впливає на утворення гетерогенної дендритної структури з різним розміром зерна за перетином наплавленого шару, так середня довжина дендритів зменшується на 16% а периметр на 14,5%.

- встановлено вплив міді на зменшення розчинності вуглецю в матриці наплавленого металу 110Х4Д5Т1ФРЮ, утворення двофазної мартенситно-феритної структури, закріплення твердої фази боридів  $\text{Fe}_2\text{B}$ ,  $\text{Fe}_3(\text{B,C})$  та карбонітридів  $(\text{Ti,V})(\text{C,N})$  в металевій матриці у компактному вигляді, за рахунок чого підвищується опір абразивному зношуванню.

- вперше проведені дослідження мікроструктури та трибологічні випробування металу наплавленого СПД-110Х4Д5Т1ФРЮ з екзотермічною добавкою у наповнювачі дроту. Експериментально підтверджено, що введення екзотермічної добавки  $\text{CuO} - \text{Al}$  забезпечує підвищення стійкості до абразивного зношування як закріпленим, так і незакріпленим абразивом в 1,52 та 1,63 рази відповідно, а додаткове легування наплавленого металу міддю, підвищує корозійну стійкість, зменшуючи щільність корозійного струму у 3,2 рази.

Тема дисертаційної роботи відповідає науковій тематиці кафедри «Обладнання і технологій зварювального виробництва» Донбаської державної машинобудівної академії в галузі розроблення електродних матеріалів, щодо відновлення деталей машин та інструменту і підвищення їх терміну експлуатації при використанні дугового наплавлення порошковими дротами.

#### **4. Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.**

У дисертаційній роботі Трембачем Б.О. вирішено важливе науково-дослідницьке завдання розробки самозахисного порошкового дроту з екзотермічною добавкою у наповнювачі для зміцнення деталей машин переробки твердих корисних копалин. Важливим є визначення оптимальних режимів наплавлення та композиції наповнювача СПД, що забезпечують підвищення продуктивності процесу наплавлення та зниження коефіцієнту розбризкування. Крім того, показано позитивний вплив введення екзотермічної добавки до складу наповнювача  $\text{CuO} - \text{Al}$ , що забезпечує рівномірність плавлення металеві оболонки та шихти наповнювача СПД, додатково легує зносостійкий сплав міддю, зменшує розмір неметалевих включень, впливає на подрібнення зерна, що підвищує механічні властивості, та у сукупності покращує стійкість зносостійкого сплаву до корозії та абразивного зношування.

Практична цінність полягає у використанні результатів досліджень у навчальному процесі то дослідницькій Національного технічного університету «Харківській політехнічний інститут» та Донбаської державної машинобудівної академії. Виробничу перевірку розробленого самозахисного порошкового дроту з екзотермічною добавкою  $\text{CuO} - \text{Al}$  проведено на АТ «Об'єднана гірничо-хімічна

компанія», Філія "Вільногірський гірничо-металургійний комбінат". Отримані результати підтвердили ефективність використання розробленого самозахисного порошкового дроту, що забезпечує при наплавлення зносостійкий сплав типу 110X4Д5Т1ФРЮ.

### **5. Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.**

Основні результати дисертації представлено у 11 статтях і тезах 8 доповідей. З опублікованих статей 7 статей здобувача опубліковано у наукових фахових виданнях України, 3 статті опубліковано в спеціалізованих виданнях, що входить до науко-метричних баз даних, дві з яких входять до Scopus (віднесених до першого квартилю Q1, відповідно до класифікації Scimago Journal & Contry Rank), та одна до Index Copernicus. Тези доповідей опубліковані у збірниках матеріалів Міжнародних науково-практичних конференціях. Отримано 4 патенти України на корисні моделі. Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві зазначена у дисертаційній роботі.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 11 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, Затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167.

### **6. Оцінка змісту дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота складається із анотації двома мовами, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг дисертації становить 235 сторінок, 17 сторінок з рисунками і таблицями – на окремих аркушах; всього дисертація містить 52 рисунка та 35 таблиць; список використаних джерел із 264 найменувань на 29 сторінках; 12 додатків на 42 сторінках.

Усі наукові результати дисертації одержано автором самостійно.

Дисертаційна робота виконана на високому науково-технічному рівні, добре оформлена та містить достатній обсяг виконаних досліджень, оформлена згідно з вимогами до змісту і об'єму дисертаційних робіт. Структура дисертації логічна, підпорядкована меті, завданням, які сформульовані у вступі, зміси та результати роботи відповідають паспорту спеціальності 132 – Матеріалознавство.

### **7. Академічна доброчесність**

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у

яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

**По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:**

1. У вступі на стор. 11 не є логічним ствердження «формування зварного шва», коли йдеться про наплавлений шар.
2. В розділі 1 недостатньо обґрунтовано вибір екзотермічної добавки  $\text{CuO} - \text{Al}$ .
3. У підрозділі 1.4 не розглядаються інші наплавні матеріали крім порошкових дротів з їх перевагами та недоліками, що обумовило вибір саме порошкових дротів певної системи легування.
4. Висновок 1 до РОЗДІЛУ 1 носить декларативний характер.
5. Немає зв'язку між присутністю у складі шихти 5-8% Mn та 5-6% Si (табл.3.3) із фазовим складом композицій наповнювачів СПД (табл.3.4 та 3.5).
6. У підпункті 3.6.3 сказано, що: «Застосування СПД дозволило отримати зміцнюючі шари високої твердості.» - але даних про твердість не наведено.
7. В тексті роботи та у поясненнях до рис.4.1, 4.2, 4.4 параметр вмісту екзотермічної добавки (ЕД) показано у відсотках, але саме на вказаних рисунках цей параметр наведено у відносних одиницях, слід було або пояснити чому так або зберегти одноманітність.
8. При аналізі коефіцієнтів засвоєння легуючих елементів, доцільно було дослідити хімічний склад шлаку, що утворюється при наплавленні.
9. В РОЗДІЛІ 5 було б доцільно дослідити наплавлений зміцнюючий шар за висотою поперечного перерізу для кращого розуміння зміни його механічних властивостей.
10. В дисертаційній роботі доцільно було б дослідити склад зварювальних аерозолів, що утворюються при наплавленні розробленим самозахисним порошковим дротом з екзотермічною добавкою, та порівняти з регламентованими гранично допустимими концентраціями в повітрі робочої зони.

**ВИСНОВОК**

Зроблені зауваження не є запереченням завершеності роботи та не зменшує її теоретичної та практичної цінності, крім того, не викликає сумніву достовірність її наукових положень, висновків і практичних рекомендацій. Вважаю, що за актуальністю розглянутих задач, обсягом досліджень, науковим рівнем і

практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота Трембача Богдана Олександровича «Підвищення зносостійкості деталей машин переробки твердих корисних копалин шляхом наплавлення самозахисним порошковим дротом» за своїм змістом відповідає спеціальності 132 Матеріалознавство. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу науково-практичну задачу, що полягає у розробці СПД, удосконалення технології наплавлення з метою підвищення зносостійкості деталей, які зазнають дії абразивного та корозійного зношування.

Дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 10, 11, 12 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, Затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167, а її автор Трембач Богдан Олександрович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 132 «Матеріалознавство».

Офіційний опонент -  
доктор технічних наук, професор  
кафедри «Металургія і технологія  
зварювального виробництва»  
Державного вищого навчального  
закладу «Приазовський державний  
технічний університет», доцент

О.Г. Білик

*Підпис Білика О.Г.  
заєднує:*

*В.О. нар. заст. Сидорчу*

*А.М. Желіженко*

*20.08.2021*

